Über die Gewinnung von Eisen aus Silikaten und Pyrit

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Georg-August-Universität zu Göttingen

Vorgelegt von

Gottwald Bätz

aus Wangenheim

Göttingen 1925

1926 :: Verlag von Leopold Voss :: Leipzig

Referent: Herr Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. G. Tammann.

Tag der mündlichen Prüfung: 9. Dezember 1925.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig. 29

Wenn auch die Gewinnung von Eisen aus Silicaten nicht nötig ist, da eisenreichere Erze noch zugänglich sind, so dürfte es doch nicht ohne Interesse sein, die Möglichkeit der Herstellung von Gußeisen aus Basalt oder Hornblende zu untersuchen. Im folgenden wird gezeigt werden, daß nach Zusatz von kleinen Kalk- und Kohlenmengen zu Basalt oder Hornblende und Erhitzen der Gemenge bis 1400° das Eisen aus ihnen fast quantitativ abgeschieden wird.

I. Über die Reduktion des Eisens aus der Hornblende und aus Basalt mit Holzkohle.

Es ist nicht gleichgültig, in welcher Weise ein Gemenge von feingepulverter Hornblende und Holzkohle erhitzt wird. Mengt man feingepulverte Hornblende (6,5% Eisen) und feingepulverte Holzkohle und trägt das Gemenge in ein auf etwa 1400° erhitztes Kohlerohr ein, so werden nur 82,3% des in der Hornblende enthaltenen Eisens zu Metall reduziert. Erhitzt man dagegen das Gemenge zuerst auf 600°, um die Kohle möglichst zu entgasen, so wächst die Ausbeute auf 92,5%.

Ein Teil des Eisens scheidet sich als ein Tropfen halbierten Gußeisens aus, während ein anderer Teil in kleinen Tröpfchen in der Schlacke suspendiert bleibt. Der Eisenregulus kann von der Schlacke leicht getrennt und gewogen werden, während die Menge der suspendierten Eisentröpfchen in folgender Weise bestimmt wurde: Die Schlacke wurde fein gepulvert, in schwach schwefelsaures Silbersulfat von bekanntem Silbergehalt geschüttet, eine halbe Stunde gekocht, das ausgeschiedene Silber abfiltriert und nach Volhard zurücktitriert.

Ein Kalkzusatz von 4,6% zu dem Hornblende-Kohlegemenge bzw. zu einem Basalt-(8,8% Fe)-Kohlegemenge bewirkt nach dem Erhitzen auf 600° eine fast vollständige Reduktion. Es wurden

99,1 bzw. 95,8% des Eisens reduziert gegenüber 92,5 bzw. 89,1% bei den Versuchen ohne Kalk. Auch an der Farbe der pulverisierten glasigen Schlacke ist zu erkennen, daß sie wenig Eisen enthält, da sie eine rein graue Färbung hat, während die Schlacken mit merklichem Eisengehalt einen merklich grünen Stich besitzen.

Erhitzt man dagegen das Gemenge von Hornblende, Holzkohle und Kalk vor dem Eintragen in das glühende Kohlerohr vorher nicht auf 600°, so erhält man bei Zusatz von verschiedenen Kalkmengen, bezogen auf das Gewicht der Hornblende, mit 6,3% Holzkohle die in Tabelle 1 angegebenen reduzierten Eisenmengen.

Tabelle 1.

CaO-Zusatz in Prozent	Ausbeute an Regulus-eisen	Met. Eisen in der Schlacke	Gesamt-ausbeute an met. Eisen
4,64	59,4	18,7	78,1
9,28	61,2	16,8	78,0
13,92	59,4	19,7	79,1
18,56	74,3	9,2	83,5
20,88	67,3	5,6	72,9
23,2	58,7	17,7	76,4

Der Grund dieses Unterschiedes in der Vorbehandlung der Gemenge von Holzkohle und Hornblende ist wohl darin zu suchen, daß beim Eintragen des Gemenges in das auf 1400° erhitzte Kohlerohr die Holzkohle stürmisch ihre Gase abgibt und dadurch in die Höhe steigt, sich vom Hornblendepulver trennt und nach dem Schmelzen desselben nur relativ wenig Kohle in der Schmelze verteilt ist. Erhitzt man zuvor das Gemenge auf 600°, so entgast die Kohle nicht so stürmisch und die Schmelze enthält eine größere Menge von Kohlepartikeln. In der Tat wurde beobachtet, daß im ersten Falle auf der Schlacke mehr Holzkohle lag als im zweiten Falle.

Der Kalk kann auch durch Natriumcarbonat ersetzt werden. Schmolz man dieselbe Hornblende mit der dem Kalk äquivalenten Menge von 8,8% Natriumcarbonat und der vorherigen Menge (6,3%) Holzkohle nach dem Entgasen der Mischung bei 600°, so wurden 96,5% Eisen reduziert. Die pechschwarze glasige Schlacke war viel dünnflüssiger als beim Versuch mit dem Kalkzusatz und die in den Regulus gegangene Eisenmenge auch größer.

Je kieselsäurereicher das Silicat ist, um so geringer wird die unter gleichen Bedingungen reduzierte Eisenmenge. Setzt man

einem Basalt von Gedern (Vogelsberg) mit 8,8% Eisen 25% Quarz und 8,6% Holzkohle zu, erhitzt das Gemenge zuvor auf 600°, trägt es dann in ein auf 1400° erhitztes Kohlerohr ein, so werden nur 11,7% Eisen reduziert. Bei 60 Minuten langer Einwirkung wurden 78% Eisen reduziert. Setzte man dagegen diesem Basalt nicht SiO_2, sondern 4,6% CaO zu, so stieg die Ausbeute an reduziertem Eisen auf 95,8%.

Für die Einwirkung der Kohle auf eisenhaltige Silicate kommt folgendes in Betracht:

1. die Benetzung der Kohle durch die eisenhaltige Schmelze.
2. die Diffusionsgeschwindigkeit der Eisenoxyde an die in der Schmelze suspendierten Kohlepartikel.

Versuche über die Benetzungsfähigkeit der Kohle durch basische und saure Silicatschmelzen ergaben keine sicheren Resultate. Diese Benetzungsfähigkeit wird jedenfalls sehr vom Gasgehalt der Kohle abhängen. Benetzte Kohlepartikel könnten in der Schmelze Brownsche Molekularbewegung ausführen und dadurch die Reduktion des Eisens in der Schmelze beschleunigen.

Mit wachsender Viscosität nimmt die Diffusionsgeschwindigkeit der gelösten Eisenoxyde stark ab und damit auch die Reduktionsgeschwindigkeit. Infolgedessen ist eine geringe Viscosität der Schmelze bei möglichst niedriger Temperatur für die Reduktion der Eisenoxyde günstig.

Ob die Reduktion der Eisenoxyde nur an der Berührungsstelle von Eisenoxyden und Kohle stattfindet, oder ob sie auch durch in die Schmelze diffundiertes Kohlenoxyd bewirkt wird, muß dahingestellt bleiben.

Da die Reduktion der Eisenoxyde durch Kohle schon von 500° an merklich wird und sowohl Kalk als auch Natriumcarbonat auf Hornblende und Basalt schon bei etwa 1000 bzw. 500° unter Ausscheidung von Eisenoxyden einzuwirken beginnen, wird ein Teil des Eisens nicht aus der Schmelze reduziert, sondern aus dem bei der Reaktion im festen Zustande gebildeten Eisenoxyd. Über diese Reaktion im festen Zustande konnten folgende Feststellungen gemacht werden: Erhitzt man feingepulverte Gemenge von 1 Mol Hornblende und 1 Mol. Natriumcarbonat und extrahiert mit 50%iger Schwefelsäure, so gehen nach dem Erhitzen des Gemenges auf 500° 6,8%, nach dem Erhitzen auf 700° 12,5% des in der Hornblende enthaltenen Eisens in Lösung, während aus der Hornblende allein durch Schwefelsäure nur 6% Eisen extrahiert wurden. Erhitzt

man ein Gemenge von 1 Mol Hornblende mit 1 Mol Kalk bis 700°, so gehen 6%, bis 1000° 10,6% und bis 1150° 20% des in der Hornblende enthaltenen Eisens in Lösung.

Bei der Einwirkung von Kohle auf Hornblende oder Basalt geht die Reaktion wohl in folgender Weise vor sich: Zuerst beginnt der Kalk mit Hornblende und Basalt schon unterhalb des Schmelzpunktes bei etwa 1000° zu reagieren, wobei Calciumsilicate sich bilden und Eisenoxyde ausgeschieden werden, welche durch Kohle reduziert werden. Nachdem sich eine Schmelze gebildet hat, werden auch die in ihr enthaltenen Eisenoxyde durch die Kohle reduziert.

II. Die Reaktionen von SiO_2 mit Fe_2O_3, Fe_3O_4 und FeO im festen Zustande.

Diese drei Oxyde beginnen mit gefällter SiO_2 bei 800°, mit Quarz bei 950° zu reagieren.

Beim Erhitzen der drei Oxyde allein bis 1200° fallen die ersten und zweiten Erhitzungskurven zusammen. Die Sauerstoffabgabe aus Fe_2O_3 und Fe_3O_4 bis 1200° ist also so gering, daß sie die folgenden thermischen Effekte nicht wesentlich beeinflußt.

Erhitzt wurden je 4 g der Gemenge 2 Mol Quarz bzw. 2 Mol gefällter und dann geglühter SiO_2 mit je 1 Mol Fe_2O_3, 1 Mol Fe_3O_4 und je 1 Mol FeO bis 1200° im Porzellanrohr, durch das ein trockener Stickstoffstrom strich. Fig. 1 gibt die betreffenden Erhitzungskurven wieder. Die mit Punkten angegebene Erhitzungskurve ist die erste, die zweite die mit Kreuzen bezeichnete.

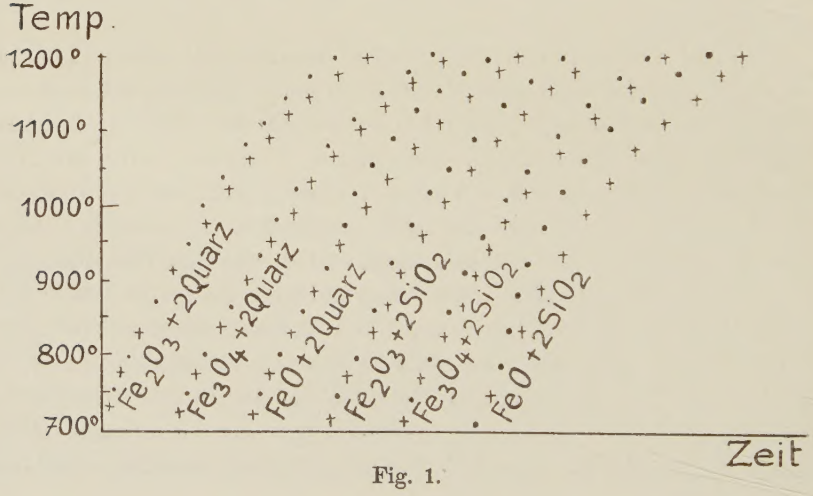

Fig. 1.

Quarz von der Korngröße 0,002 mm reagiert mit Fe_2O_3 von 965° an schwach exotherm. Beim Erhitzen von Quarz mit Magnetit tritt die Reaktion bei etwa 950° ein. Die Wärmeentwicklung ist hier etwas geringer. Mit FeO reagiert Quarz ebenfalls von 950° an. Die Wärmeentwicklung ist bei dieser Reaktion am größten.

Gefällte und dann geglühte SiO_2 reagiert schon bei etwa 800° mit Fe_2O_3, Magnetit und FeO. Die freiwerdenden Wärmemengen sind größer als die beim Erhitzen der entsprechenden Quarzgemenge.

Sowohl die Erhitzungsprodukte mit Quarz als auch diejenigen mit Kieselsäureanhydrid waren zusammengebacken. Bei mikroskopischer Untersuchung der erhitzten Produkte sah man nur ein Pulvergemisch von einheitlicher Färbung, Reaktionsprodukte von anderer Farbe waren in diesem Pulver nicht zu erkennen.

Die in Reaktion getretenen Eisenoxydmengen wurden in folgender Weise bestimmt: Je 0,2 g der bis 1200° erhitzten Produkte wurden eine Stunde im Wasserstoffstrome bei 600° erhitzt. Hierbei wurden nur die freien Eisenoxyde, nicht aber die beim Erhitzen gebildeten Eisensilicate zu metallischem Eisen reduziert, wie aus besonderen, mit Eisensilicaten und Wasserstoff angestellten Reduktionsversuchen hervorgeht. Das metallische Eisen konnte dadurch von dem schon in verdünnten Säuren löslichen Eisensilicat getrennt werden, daß es in einer mit Kaliumbisulfat versetzten Silbersulfatlösung in Lösung ging, wobei es die äquivalente Menge Silber ausschied. Das ungelöste Eisensilicat wurde mit dem ausgeschiedenen Silber abfiltriert, mit Flußsäure zersetzt, mit Schwefelsäure abgeraucht, darauf die Lösung des dreiwertigen Eisens durch Erhitzen mit schwefliger Säure in zweiwertiges übergeführt und nach Vertreiben des Schwefeldioxydes durch Kochen das Eisenoxydul mit n/10-Kaliumpermanganatlösung titriert.

In folgender Tabelle sind angegeben in Spalte 1 die aus dem Gemenge entschwundenen freien Mengen der Eisenoxyde, bezogen

Tabelle 2.

Zusammensetzung der Gemenge	1	2	3	4
Fe_2O_3 + 2 Quarz	5,4 %	9,5 %	32 mm²	1,7
Fe_3O_4 + 2 Quarz	3,5 „	5,4 „	30 „	1,8
FeO + 2 Quarz	13,0 „	29,2 „	60 „	2,0
Fe_2O_3 + 2 SiO_2 (gef.)	5,7 „	10,0 „	72 „	3,5
Fe_3O_4 + 2 SiO_2 (gef.)	3,4 „	5,2 „	58 „	3,4
FeO + 2 SiO_2 (gef.)	19,0 „	43,0 „	134 „	3,1

auf die des Gemenges, in Spalte 2 dieselben Mengen, bezogen auf die Mengen der anfänglich vorhandenen Eisenoxyde. In Spalte 3 sind die Inhalte der Flächenstücke zwischen den ersten und zweiten Erhitzungskurven angegeben. Diese sind gleich dem Produkt aus den Reaktionswärmen pro Mol mal der umgesetzten Menge in Mol. Dividiert man diese Flächenstücke durch die umgesetzte Menge und die Zahl der Eisenatome im Molekül der Eisenoxyde, so erhält man die in Spalte 4 angegebenen Zahlen. Wäre so weit erhitzt worden, daß der Umsatz fast vollständig geworden wäre, so wären die Reaktionswärmen für jedes Eisenoxyd mit Quarz oder gefällter SiO_2 fast dieselben und jene Quotienten sollten in der Reihenfolge FeO–Fe_3O_4–Fe_2O_3 abnehmen, weil durch die Sauerstoffentwicklung die exotherme Reaktionswärme verkleinert wird. Für die Versuche mit Quarz trifft diese Reihenfolge auch zu, für die mit gefällter SiO_2 aber nicht. Doch liegt hier die Abweichung innerhalb der Versuchsfehler.

Während die Zerteilung der SiO_2 auf ihre Reaktion mit FeO von großem Einfluß ist, ist sie auf die mit Fe_2O_3 und Fe_3O_4 ohne Einfluß. Diese Tatsache erklärt sich in folgender Weise: Festes Fe_2O_3 tritt nicht direkt mit SiO_2 zusammen. Erst wenn aus dem Fe_2O_3 durch Abgabe von Sauerstoff sich Oxydul gebildet hat, tritt dieses mit SiO_2 zusammen. Die Temperatur dieser Reaktion, 800°, stimmt mit der überein, bei der nach den vorliegenden Bestimmungen der Dissoziationsdruck des Sauerstoffs über Fe_2O_3 merklich wird.[1])

Wenn die Reaktionsbedingung in der Bildung von FeO besteht, so ist es verständlich, daß die Zerteilung der SiO_2 auf den Umsatz mit Fe_2O_3 und Fe_3O_4 nicht von Bedeutung ist, sondern nur die Menge des an ihrer Oberfläche verfügbaren FeO. Die Auffassung wird durch folgende Erfahrung gestützt:

1. Die Bestimmung von Fe_2O_3 und FeO in dem Erhitzungsprodukt von Fe_2O_3 mit Quarz ergab, daß von der in Reaktion getretenen Menge des Eisenoxydes 21% in Form von FeO und 79% in Form von Fe_2O_3 vorhanden sind. Ob Fe_2O_3 sich auch im festen $FeSiO_3$ oder Fe_2SiO_4 lösen kann, mag dahingestellt sein.

2. Auch in der Natur kommen reine Eisenoxydsilicate frei nicht vor, wohl aber tritt das Fe_2O_3 in andere Silicate wie Sillimanite, Hornblende und Augite ein.

---

[1]) W. Biltz, *Göttinger Nachr.* 1908, S. 309. — S. Hilpert, *Stahl u. Eisen* 1910, S. 547. — R. B. Sosmann und J. C. Hostetter, *Journ. Americ. Chem. Soc.* **38** (1916), 807.

III. Reduktion von Eisensilicaten mit verschiedenem SiO_2-Gehalt durch Wasserstoff.

Fe_2O_3 und SiO_2 wurden innig gemengt, zu Pastillen gepreßt und in ein auf etwa 1500° erhitztes Graphitrohr gebracht. In der Tabelle 3 sind für die Ausgangsmischungen die Zusammensetzungen in Molenbrüchen angegeben und ebenso für die Schmelzen, die außerdem noch metallisches Eisen enthielten. Das in der ursprünglichen Mischung enthaltene Eisenoxyd ist in der Regel zu mehr als der Hälfte zu FeO reduziert. Die Schmelzen wurden gepulvert und das Eisen aus ihnen mittels eines Magneten möglichst weitgehend entfernt. Schließlich wurde für jede Schmelze eine Bestimmung des in ihr enthaltenen metallischen Eisens ausgeführt. Diese Pulver wurden dann in einem Schiffchen auf 850° im Wasserstoffstrom je eine Stunde lang erhitzt und die in ihnen enthaltene Menge metallischen Eisens bestimmt. Von dieser wurde die in den Pulvern ursprünglich vorhandene Menge Eisen abgezogen. Die nachbleibende Eisenmenge, bezogen auf die des gebundenen Eisens in den Schmelzen, ist in der Spalte 7 angegeben.

Tabelle 3.

	Molenbruch der Ausgangsmischung		Molenbruch der Schmelze			Red. Eisen in Proz. des Ges.-Eisens	Isotrope Bestandteile im Dünnschliff
	SiO_2	Fe_2O_3	SiO_2	FeO	Fe_2O_3		
1	0,5	0,5	0,375	0,548	0,076	24,4	—
2	0,572	0,428	0,456	0,540	0,006	6,6	—
3	0,667	0,333	0,600	0,400	—	0,3	0 %
4	0,8	0,2	0,765	0,206	0,029	8,3	50 „
5	0,75	0,25	0,823	0,152	0,026	9,5	—
6	0,889	0,111	0,920	0,072	0,008	38,4	98 „

Der Dünnschliff der dritten Schmelze mit 0,6 SiO_2 zeigte keine isotropen Massen. Dasselbe ist wahrscheinlich von den beiden SiO_2-ärmeren anzunehmen. Die SiO_2-reicheren von 0,6 SiO_2 an enthielten dagegen größere Mengen dunkel- bis hellbraun gefärbter glasiger SiO_2.

Die erste Schmelze, welche etwas FeO ärmer ist als das Orthosilicat, wird stark durch Wasserstoff reduziert. In der zweiten und dritten Schmelze, zwischen denen die Zusammensetzung des Metasilicates liegt, ist das FeO vor Reduktion geschützt. Mit höherem Kieselsäuregehalt wächst dann die relative reduzierte Eisenmenge stark an. Erinnert man sich aber, daß das SiO_2-Glas bei erhöhter

Temperatur für Wasserstoff durchlässig ist[1]), so hat dieser Befund nichts Auffallendes.

IV. Über die Reduktion des Eisens aus Pyrit.

Erhitzt man Pyrit (FeS_2), so findet sich auf der Erhitzungskurve ein ausgesprochener Haltepunkt bei 684° unter 755 mm Druck (Fig. 2). Auf der zweiten Erhitzungskurve tritt dieser Haltepunkt nicht mehr auf. Nach E. J. Allen und R. H. Lombard[2]) beträgt bei 684° der Dampfdruck des Schwefels im Pyrit 760 mm, für 1° Temperaturerhöhung wächst der Dampfdruck um 20 mm.

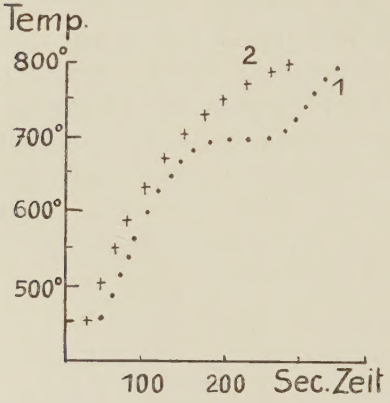

Fig. 2.

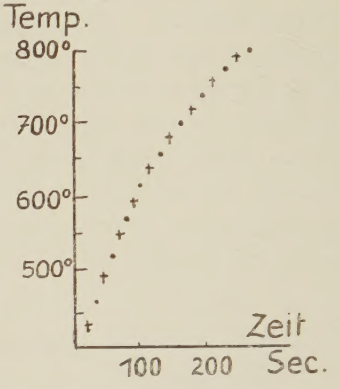

Fig. 3.

Erhitzt man ein molares Gemenge von Pyrit und Kalk (Fig. 3), so tritt ein Haltepunkt auf der Erhitzungskurve dieses Gemenges nicht auf, auch entweicht kein Schwefeldampf. Es muß also eine Umsetzung des Pyrits mit Kalk stattgefunden haben, nur fragt es sich, ob diese unterhalb 684° eingetreten ist, oder ob sie gerade bei 684°, bei der Schwefelabgabe des Pyrits, eintritt und durch eine exotherme Reaktion die endotherme bei der Schwefelabspaltung kompensiert. Daß eine Einwirkung von Kalk auf Pyrit unterhalb 684° eintritt, ist nicht anzunehmen, denn ein bis 600° erhitztes molares Gemenge von Pyrit und Kalk gibt weder beim Kochen mit Wasser noch beim Behandeln mit 2 n-Essigsäure oder 2 n-Salzsäure H_2S-Entwicklung im Gegensatz zu dem bis 900° erhitzten gleichen Gemenge. Das bis 900° erhitzte Reaktionsprodukt enthält erhebliche Mengen von $CaSO_4$ und CaS, die beim Kochen mit Wasser

[1]) M. Bodenstein, Nernstfestschrift 1912, 99. — H. Wüstner, *Ann. d. Phys.* 46 (1915), 1095. — E. C. Mayer, *Phys. Rev.* 140, Vol. 6 (1915), 283.

[2]) *Americ. Journ. of Sciences Sillimann* [4] 43 (1917), 175—195.

in Lösung gehen; sie stammen aus der Reaktion von Schwefeldampf mit Kalk, die bekanntlich nach folgender Gleichung reagieren: $4\,CaO + 4\,S = CaSO_4 + 3\,CaS$[1]). Essigsäure löst in der Kälte einen Teil des Erhitzungsproduktes unter lebhafter H_2S-Entwicklung. Dabei geht sämtliches CaS und $CaSO_4$ in Lösung. Der ungelöst bleibende Rückstand wird von kalter 2 n-Salzsäure wenig angegriffen. Es geht unter schwacher H_2S-Entwicklung etwas Eisen in Lösung. Heiße konzentrierte Salzsäure löst den Rest des Eisens unter lebhafter H_2S-Entwicklung.

Beim Erhitzen von FeS und CaO könnten, wenn hier ein doppelter Umsatz stattfinden würde, 4,8 kgcal frei werden. Auf der Erhitzungskurve des molaren Gemenges war aber bis 900° eine Wärmeentwicklung nicht zu erkennen. Kocht man das Erhitzungsprodukt eine Stunde mit der 500 fachen Menge Wasser, so gehen unter H_2S-Entwicklung nur etwa 10% des ursprünglich vorhandenen Kalks in Lösung. Aus einem Gemenge von Kalk und FeS löst sich die ganze Kalkmenge. Vom Rückstand lösen sich in 2 n-Essigsäure unter H_2S-Entwicklung weitere 60% des ursprünglich vorhandenen Kalks und etwa 20% des Eisens. Es sind also noch 30% des Kalks ungelöst geblieben. In 2 n-Salzsäure löst sich unter H_2S-Entwicklung der Rest des Kalkes. Mit heißer konz. Salzsäure geht erst der Rest des Eisens in Lösung. Beim Erhitzen von FeS mit Kalk tritt also nicht ein doppelter Umsatz ein, sondern es scheint sich eine Additionsverbindung zu bilden.

Hierauf weist auch das Verhalten des Erhitzungsproduktes von CaS und FeO (900°) hin. Die Löslichkeit des CaS in Wasser ist im Erhitzungsprodukt stark zurückgegangen und 45% des Eisens sind in 2 n-Essigsäure löslich geworden, während das erhitzte FeO allein von Essigsäure nur wenig gelöst wird. Die beiden Erhitzungsprodukte von FeS und CaO und von CaS und FeO unterscheiden sich dadurch, daß der Kalk des ersten erst von Salzsäure, des zweiten schon von Essigsäure gelöst wird und dadurch, daß aus dem ersten Erhitzungsprodukt viel weniger Eisen mit Essigsäure löslich wird als aus dem zweiten.

Ferner wurde ein molares Gemenge von FeS und CaS erhitzt. Die erste Erhitzungskurve unterschied sich nicht von der zweiten. Kocht man das Erhitzungsprodukt eine Stunde mit der 500 fachen Menge Wasser, so gehen unter H_2S-Entwicklung etwa 70% des CaS

[1]) A. Forster, *Pogg. Ann.* **133** (1868), 228.

in Lösung. Vom Rückstand lösen sich in 2 n-Essigsäure unter H_2S-Entwicklung der Rest des CaS und etwas FeS. Der Hauptteil des FeS geht beim Behandeln des Rückstandes mit 2 n-Salzsäure in Lösung. In der Hauptsache verhält sich das Erhitzungsprodukt wie ein Gemenge von CaS und FeS.

Obwohl auf der Erhitzungskurve bis 900° von FeS und FeO keine Wärmetönung sichtbar war, so unterschied sich doch das Verhalten des Erhitzungsproduktes gegen Salzsäure von dem des FeS. In 2 n-Salzsäure lösen sich aus dem Erhitzungsprodukt unter schwacher H_2S-Entwicklung nur etwa 2% des Eisens, während unter denselben Bedingungen 2 n-Salzsäure aus FeS etwa 50% Eisen löst.

Beim Erhitzen eines Gemenges von CaO und CaS auf 900° trat eine Wärmeentwicklung nicht auf. In seinem Verhalten zu Wasser unterschied sich das Erhitzungsprodukt nicht von dem des CaO und CaS.

Dasselbe gilt auch für ein Gemenge von FeO und CaO.

Beim Erhitzen von FeS mit überschüssigem Kalk können nur kleine Mengen von freiem FeO entstehen, dementsprechend ist auch nicht zu erwarten, daß Kohle aus dem Gemenge von Kalk und Pyrit größere Mengen metallischen Eisens reduziert.

Um die Reduktionsfähigkeit von Pyrit zu untersuchen, wurde 1 Mol Pyrit mit 1 Mol Kalk und etwa 3 Mol Holzkohle bis 1400° erhitzt. Ferner wurde 1 Mol Pyrit mit 2 Mol Kalk und etwa 3 Mol Holzkohle auf 950° erhitzt. In beiden Fällen wurden nur 10% des im Pyrit enthaltenen Eisens als metallisches Eisen erhalten. Das Eisen war in dem nicht geschmolzenen Gemenge fein verteilt. Zur Bestimmung des metallischen Eisens wurde der bei der Einwirkung von Salzsäure auf das Erhitzungsprodukt entwickelte Wasserstoff bestimmt.

Es wurde im vorhergehenden zunächst gezeigt, daß man beim Erhitzen eines Gemenges von Holzkohle und Hornblende bzw. Basalt, das zuvor auf 600° erhitzt war, bei 1400° etwa 90% des enthaltenen Eisens als Metall bekommt. Ein Zusatz von 5% Kalk steigert die Ausbeute an metallischem Eisen auf 99,1 bzw. 95,8%. Das Eisen in kieselsäurereicheren Basalten wird bedeutend weniger reduziert, jedoch schreitet die Reduktion bei längerem Erhitzen langsam weiter.

Fe_2O_3, Fe_3O_4 und FeO reagieren mit Quarz bei etwa 950°, mit gefällter und dann geglühter SiO_2 bei 800° exotherm. Fe_2O_3 und Fe_3O_4 scheinen nicht direkt mit SiO_2 zusammenzutreten, sondern erst, nachdem sich etwas FeO gebildet hat, welches sich im festen Zustande leicht mit SiO_2 verbindet, löst sich Fe_2O_3 in der Silicatschmelze auf.

Ferner wurde gezeigt, daß von sechs im Graphitrohr hergestellten Eisensilicaten mit steigendem SiO_2-Gehalt das dem Orthosilicat in der Zusammensetzung nahekommende Eisensilicat bei 850° stark durch Wasserstoff reduziert wurde. Bei der Zusammensetzung des Metasilicates ist das FeO vor Reduktion stark geschützt. Mit höherem SiO_2-Gehalt wächst dann die relative reduzierte Eisenmenge stark an. Dies erklärt sich aus der Durchlässigkeit des Quarzglases für Wasserstoff bei hohen Temperaturen.

Die Reduktion von Pyrit mit Kalk und Kohle gibt nur sehr geringe Ausbeute an metallischem Eisen. Es wird beim Einwirken von Kalk auf Pyrit nur wenig FeO gebildet neben einem schwer reduzierbaren Calcium-Eisen-Oxysulfid.

Lebenslauf.

Ich, Gottwald Bätz, wurde am 29. Juli 1896 in Waltershausen i. Thür. geboren.

Meine Schulbildung erhielt ich zunächst in einer Volksschule, dann auf dem Gymnasium zu Schleusingen. Im August 1914 bestand ich die Notreifeprüfung, um dann in den Heeresdienst einzutreten. Bis Ende 1918 nahm ich am Kriege teil. Von 1919 ab studierte ich in Göttingen Chemie.

Das erste Verbandsexamen legte ich in Göttingen am 24. Februar 1922 ab und das zweite ebenda am 24. November 1923. Während meines Studiums besuchte ich die Vorlesungen und Praktika folgender Herren Professoren und Dozenten: Coehn, Courant, Kötz, Mügge, Nadai, Oldenberg, Pohl, Remy, Tammann, v. Traubenberg, Vogel, Walter, Wiechert, Wienhaus, Windaus, Zsigmondy.

Meinen verehrten Lehrern, insbesondere Herrn Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. G. Tammann, der mir die Anregung zu dieser Arbeit gab und mich jederzeit mit seinem Rate unterstützte, spreche ich meinen verbindlichsten Dank aus.